

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> :</b> <b>G06T 9/00, H04N 1/41</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 00/42572</b> <b>(43) Date de publication internationale:</b> 20 juillet 2000 (20.07.00)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR00/00081 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 14 janvier 2000 (14.01.00) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 99/00656 14 janvier 1999 (14.01.99) FR <b>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR). TELEDIFFUSION DE FRANCE [FR/FR]; 10, rue d'Oradour-sur-Glane, F-75732 Paris Cedex 15 (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):</b> ROBERT, Guillaume [FR/FR]; La Grande Réauté, F-35235 Thorigné Fouillard (FR). LAURENT-CHATENET, Nathalie [FR/FR]; 24, square George Travers, F-35700 Rennes (FR). <b>(74) Mandataire:</b> VIDON, Patrice; Cabinet Patrice Vidon, Immeuble Germanium, 80, avenue des Buttes-de-Coësmes, F-35700 Rennes (FR).	<b>(81) Etats désignés:</b> CA, CN, JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	

**(54) Title:** CODING AND DECODING BY ITERATED FUNCTION SYSTEMS (IFS) WITH OSCILLATING COLLAGE FUNCTIONS AND A SPATIAL COLLAGE FUNCTION

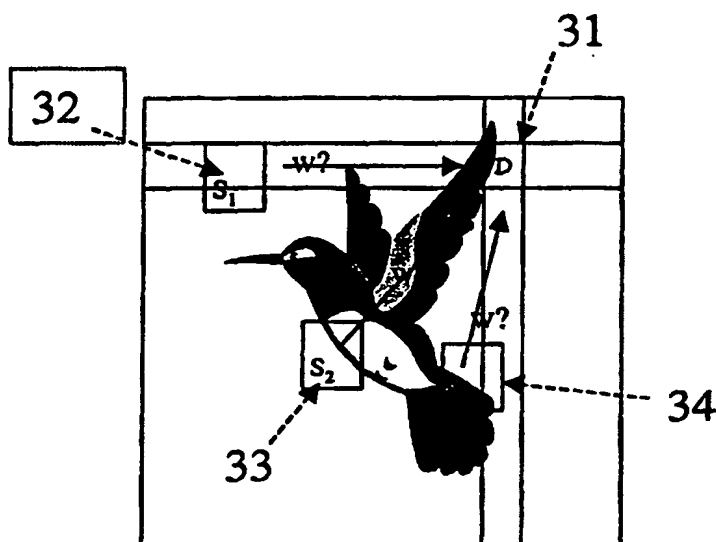
**(54) Titre:** CODAGE ET DECODAGE PAR DES SYSTEMES DE FONCTIONS ITERÉES (IFS) AVEC DES FONCTIONS DE COLLAGE OSCILLANT ET UNE FONCTION DE COLLAGE SPATIAL

**(57) Abstract**

The invention concerns an image-coding method using iterated function systems (IFS), said method comprising the following steps: partitioning an image I to be coded into a set of image regions, called destination regions; associating with each of said destination regions D a corresponding source region S and a collage function w such that w(S) is a good approximation of said destination region D; said collage function being broken down into: a spatial collage function  $w_s$ , acting on the position and/or the geometry of said source region S, so as to produce a decimated source region  $\tilde{S}$ ; and a mass collage function  $w_m$ , acting on the contents of said decimated source region  $\tilde{S}$ , said mass collage function  $w_m$  being an oscillating function.

**(57) Abrégé**

L'invention concerne un procédé de codage d'images mettant en œuvre des systèmes de fonctions itérées (IFS), ledit procédé comprenant les étapes suivantes: partitionnement d'une image I à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destination; association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w telles que w(S) soit une bonne approximation de ladite région destination D, ladite fonction de collage se décomposant en: une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source décimée  $\tilde{S}$ ; et une fonction de collage massique  $w_m$ , agissant sur le contenu de ladite région source décimée  $\tilde{S}$ , ladite fonction de collage massique  $w_m$  étant une fonction oscillante.



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

CODAGE ET DECODAGE PAR DES SYSTEMES DE FONCTIONS ITEREES (IFS) AVEC DES FONCTIONS DE COLLAGE OSCILLANT ET UNE FONCTION DE COLLAGE SPATIAL

Le domaine de l'invention est celui du codage, et en particulier de la  
5 compression du volume d'une image, avec perte d'informations, par exemple en  
vue de son stockage et/ou de sa transmission.

La notion de compression d'images avec perte est une notion bien connue  
dans le domaine du traitement de l'image. Le problème principal rencontré est  
bien sûr celui de l'obtention d'une approximation de l'image originale qui soit la  
10 plus fidèle possible, tout en minimisant le volume de l'approximation. Pour  
exprimer le gain sur un volume de données, on introduit généralement la notion de  
débit, dont l'unité est le bit par pixel (bpp). Le débit définit donc le rapport entre le  
nombre pixels de l'image originale et le nombre de bits nécessaires à la  
reconstruction de son approximation.

15 L'invention concerne notamment les applications requérant un codage  
d'images à bas débit (par exemple avec un taux inférieur à 0,3 bpp), telles que des  
applications sur réseau Internet. Bien sûr, comme cela apparaît par la suite,  
l'invention peut être appliquée à de nombreux autres domaines techniques.

En effet, l'invention apporte une amélioration importante aux techniques  
20 de compression fractale, également appelée compression à base de systèmes de  
fonctions itérées (IFS). Le principe de compression d'images par la méthode des  
IFS repose sur l'expression du contenu de l'image au moyen de ce contenu lui-  
même. Il peut donc être vu comme une auto-quantification de l'image.

La formalisation de la méthode des IFS provient notamment des travaux  
25 d'Hutchinson, publiés en 1981 et de ceux de Bransley, Demko et d'autres

chercheurs du Georgia Institute of Technology, entre 1985 et 1988. Le premier algorithme automatique appliquant ces principes à la compression des images a été proposé par Jacquin, en 1989.

Le principe général de cet algorithme repose sur le partitionnement (découpage) de l'image I à coder en régions destination (également appelé « range »). Ce partitionnement peut être prédéfini, ou dépendre du contenu de l'image. Ensuite, pour chacun des régions destination on effectue les opérations suivantes :

- choix (selon différentes techniques connues) d'une autre région de l'image, de plus grande taille, non nécessairement élément d'une partition, appelé région source (ou "domain") ;
  - détermination de la fonction de collage spatial, dans une famille de fonctions de collage spatial préalablement fixée, qui transforme le support de la région source de manière à la rendre superposable à la région destination considérée.
- S'il n'existe aucune fonction correspondante, on revient à l'étape précédente. Sinon, le résultat de l'application de la fonction de collage spatial identifiée sur la région source est appelé région source décimée ;
- détermination de la fonction de collage massique, dans la famille des fonctions de collage massique préalablement fixée qui transforme le contenu (par exemple la couleur et/ou le niveau de gris et/ou au moins une information photométrique) de la région source décimée de manière à la rendre la plus proche possible de celle de la région destination considéré.

Si la proximité n'est pas satisfaisante, on reprend à la première étape précédente.

L'ensemble des collages spatiaux et massiques ainsi retenus est appelé IFS. Ces fonctions de collages spatiaux et massiques sont essentiellement des fonctions affines. On appelle généralement fonction de collage le couple formé par la fonction de collage spatial et la fonction de collage massique appliquées à une région source.

Soit  $I_R$ , une image au contenu quelconque, de même support que l'image  $I$  ayant servi à construire l'IFS. Les applications successives de l'IFS à  $I_R$  permettent de converger (par exemple en une dizaine d'itérations) vers un « point fixe », qui est une image  $I'$  proche de  $I$ . Cette propriété est la base du codage d'images par IFS. En effet, il suffit de mémoriser l'IFS afin de caractériser  $I'$ .

Tout en conservant le principe général présenté ci-dessus, de nombreuses recherches ont été effectuées afin d'améliorer les performances des premiers codeurs à base d'IFS.

On a notamment proposé de réaliser des partitions adaptatives pour les régions destination. De telles partitions permettent de paver l'image avec de petites régions sur les zones texturées et difficiles à approximer, et de paver l'image avec de grandes régions sur les zones moins riches et plus faciles à approximer.

Une autre avancée est l'hybridation des méthodes IFS avec d'autres méthodes de compression d'images telles que les ondelettes, la quantification vectorielle (QV) ou la décomposition en cosinus discrète (DCT).

Une hybridation IFS-ondelettes consiste en une recherche des similarités entre les sous-bandes d'une décomposition en ondelettes de l'image originale.

Une hybridation IFS-QV considère les IFS comme une auto-quantification de l'image, et cherche à quantifier les régions sources de l'IFS déterminées sur l'image originale.

Enfin, une hybridation IFS-DCT vise par exemple à exprimer les  
5 similarités des coefficients des régions destination transformées par DCT avec des régions sources elles aussi transformées par DCT. Une telle hybridation IFS-DCT peut aussi consister à appliquer un calcul d'IFS sur l'image résiduelle d'une reconstruction DCT, ou encore, inversement, à appliquer une approximation par DCT sur l'image résiduelle d'une reconstruction par IFS.

10 Ces différentes techniques connues sont relativement efficaces, dans de nombreuses situations. Elles présentent cependant des défauts d'analyse et de synthèse, lorsqu'elles doivent traiter des zones présentant de hautes fréquences et/ou un contenu texturé, en particulier lorsqu'un très bas débit est souhaité.

L'invention a notamment pour objectif de pallier les inconvénients de ces  
15 techniques antérieures.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir un procédé de codage d'images mettant en œuvre des IFS, qui soit plus efficace, notamment en terme de qualité visuelle de l'approximation, en particulier pour le traitement des hautes fréquences et des zones texturées, tout en conservant la performance sur les  
20 autres zones.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un tel procédé de codage qui soit simple à mettre en œuvre, avec une quantité de calculs raisonnable. Notamment, un objectif de l'invention est de fournir un tel procédé de codage qui puisse bénéficier des avantages des techniques connues citées ci-dessus, en y  
25 apportant une scalabilité accrue.

L'invention a également pour objectif de fournir un procédé de décodage correspondant qui puisse être, le cas échéant, paramétrable.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de codage d'images mettant en œuvre des systèmes de  
5 fonctions itérées (IFS), ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- partitionnement d'une image I à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destination, de forme arbitraire (rectangle, triangle, etc) ;
- association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w tels que w(S) soit une  
10 bonne approximation de ladite région destination D,

ladite fonction de collage se décomposant en :

- une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source décimée  $\bar{S}$  (on a :  $\bar{S} = w_s(S)$ ) ; et
- 15 • une fonction de collage massique  $w_m$ , agissant sur le contenu (par exemple la couleur et/ou le niveau de gris et/ou au moins une information photométrique) de ladite région source décimée  $\bar{S}$ .

Selon l'invention, ladite fonction de collage massique  $w_m$  est une fonction oscillante.

20 L'invention repose donc sur une approche nouvelle, et non évidente, du collage. En effet, quelle que soit la technique utilisée, on a toujours considéré que seules des fonctions polynomiales (celles-ci incluant notamment les fonctions affines) étaient utilisables dans ce contexte.

L'utilisation de fonctions oscillantes permet d'obtenir de bons résultats, en  
25 particulier pour le traitement de régions contenant de hautes fréquences. Ainsi, il

est possible de reconstruire fidèlement des textures, en évitant l'effet de lissage commun aux techniques IFS connues.

De façon avantageuse, ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction harmonique, et par exemple une fonction cosinusoidale.

- 5 Dans ce cas, une région source transformée  $S' = w(S)$  peut avantageusement être définie par :

$$S'_i = w(S_i) = \sum_{l \in [0; N_c[} \sum_{k \in [0; N_c[} c_{kl} \times \bar{S}_i \times \cos(\theta_l i_x) \times \cos(\theta_k i_y) + b$$

où :  $i$  est l'indice du  $i$ -ème pixel de  $S'$ , de coordonnées  $(i_x, i_y)$  ;

$\bar{S}_i$  est l'image de  $S_i$  par  $w_s$  ;

- 10  $\theta$  est un vecteur réel de  $R^{N_c}$  tel que  $\theta_j = 2\pi/2^j$  ;

$c_{kl}$  et  $b$  sont des coefficients caractérisant la fonction de collage (les coefficients  $c_{kl}$  représentant les amplitudes et  $b$  représentant le décalage).

Lesdits coefficients  $c_{kl}$  et  $b$  peuvent alors être déterminés en recherchant les coefficients minimisant une erreur entre source et destination. Cette erreur  $E$

- 15 s'écrit par exemple :

$$E = \sum_{i \in [0; \text{card}(D)[} (S'_i - D_i)^2$$

avec :  $\text{Card}(D)$  : nombre de pixels de  $D$ .

Diverses techniques de calcul peuvent être utilisées. En particulier, on peut mettre en œuvre un système linéaire matriciel, dont les solutions sont déterminées

- 20 à l'aide d'une des méthodes appartenant au groupe comprenant :

- méthode directe ;
- méthode itérative ;
- méthode de gradient.



Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, on met en œuvre une méthode directe par pivot de Gauss ou par Cholesky.

De façon avantageuse, ladite fonction de collage massique  $w_M$  est écrite sous la forme d'une combinaison de fonctions oscillantes, dont le nombre et/ou la

5 fréquence et/ou l'amplitude est paramétrable.

L'invention concerne également un dispositif de codage d'images mettant en œuvre ce procédé, ainsi que la fonction de collage proprement dite, dans laquelle la fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction oscillante.

L'invention concerne également le procédé de décodage d'images codées à

10 l'aide du procédé de codage décrit ci-dessus. Selon ce procédé de décodage, on reconstruit lesdites images en effectuant au moins une itération de ladite fonction de collage appliquée à ladite région source S correspondante, ladite fonction de collage massique  $w_M$  étant une fonction oscillante.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, la fonction de

15 collage massique appliquée à ladite région source décimée lors du décodage prend en compte un nombre de fonctions oscillantes inférieur et/ou égal à celui pris en compte lors du codage.

Ainsi, il est possible d'effectuer un décodage progressif, et/ou une scalabilité (échelonnabilité) lors du décodage.

20 L'invention concerne encore les supports de données contenant des images codées selon la technique décrite ci-dessus (seules lesdites régions source S et lesdites fonctions de collage étant stockées sur ledit support de données).

L'invention trouve des applications dans de nombreux domaines, et en particulier dans les domaines appartenant au groupe comprenant les domaines

25 suivants :

- compression d'images fixes ;
  - compression (d'images) en mode « intra » dans un codeur vidéo ;
  - compression d'images, ou de partie d'images, texturées ;
  - réalisation d'agrandissement (zoom) de zones d'images ;
- 5      • compression dans des espaces de dimension supérieure à 2.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, qui illustrent, sur un exemple, le principe du codage par IFS :

- 10      - la figure 1 présente une image originale à compresser I ;
- la figure 2 illustre la construction d'une partition sur l'image originale de la figure 1 ;
- la figure 3 illustre la recherche, pour une région D fixée de la région S et du collage w qui l'approxime au mieux ;
- 15      - la figure 4 illustre la détermination de la fonction de collage W de la figure 3.

L'invention concerne donc une amélioration des techniques à base d'IFS. On rappelle que cette technique, connue en soi, vise à exprimer les auto-similarités d'une image.

- 20      A titre d'exemple, la figure 1 présente une image originale, que l'on désire compresser.

La première étape du traitement consiste à réaliser une partition de l'image originale. Ainsi que cela est illustré par la figure 2, sous la forme de régions, ou blocs, carrés. La partition peut également être effectuée à partir d'un autre motif

25      de base, notamment des triangles. Elle peut également être adaptative, c'est-à-dire

tenir compte du contenu de l'image, et notamment de la complexité des différentes parties de cette image.

Ensuite, pour chaque région D 31 de la partition, on recherche la région S (32, 33 ou 34) et le collage w qui l'approximent au mieux, ainsi que cela est  
5 illustré en figure 3.

Dans l'exemple illustré, c'est la région S<sub>2</sub> 33 qui répond à ce critère.

La figure 4 illustre le principe de la fonction de collage w. Celui-ci comprend tout d'abord un collage spatial w<sub>s</sub>, qui déplace, décime et oriente la région 33 de façon qu'elle se rapproche géométriquement de la région 31. Ensuite,  
10 on détermine la fonction de collage massique w<sub>M</sub>, qui permet d'obtenir la région 41 S'<sub>2</sub>, approximant la région 31.

Plus précisément, lorsque l'on considère la région destination D 31, la résolution consiste à caractériser une région source S 33 ainsi qu'une fonction de collage w, tels que w(S) soit une bonne approximation de S. Dans un cas  
15 particulier, si l'on note S'=(S) et si la mesure d'erreur considérée est la distance L<sub>2</sub>, alors l'erreur à minimiser est définie par :

$$E = \sum_{i \in [0; \text{card}(D)[} (S'_i \cdot D_i)^2$$

où S'<sub>i</sub> (respectivement D<sub>i</sub>) est l'intensité du i-ème pixel de S' (respectivement D), et où card(D) est le nombre de pixels de D.

20 La fonction de collage w se décompose en deux sous-fonctions. La première est le collage spatial w<sub>s</sub>, qui agit sur la position et la géométrie des régions. Elle transforme la région source en une région décimée  $\bar{S}$ . La deuxième est le collage massique w<sub>M</sub> qui agit sur le contenu des régions. Elle transforme la région source décimée  $\bar{S}$  en une région S' approximant au mieux, au sens de  
25 l'erreur définie ci-dessus, la région D considérée.

L'invention concerne la nature des collages massiques  $w_M$ .

Selon les techniques connues, ces opérations de collage massique  $w_M$  sont des fonctions polynomiales (celles-ci incluant notamment les fonctions affines). Plus précisément, elles font intervenir deux variables  $\alpha$  et  $\beta$ , appelées facteur  
5 d'échelle et facteur de décalage (ou scale et offset).

On a également envisagé d'utiliser des collages massiques polynomiaux ou définis par des arbres de fonction. Mais ces techniques se sont avérées peu efficaces et/ou très complexes, et donc, notamment, non adaptées à la compression d'images en niveaux de gris.

10 Selon l'invention, on utilise des fonctions de collage massique oscillantes. Dans le mode de réalisation décrit ci-après, à titre d'exemple, on utilise des fonctions de collage cosinusoïdales.

Cette approche permet d'introduire des hautes fréquences dans les collages de l'IFS, lorsque le contenu des régions source n'est pas assez riche. Le collage de  
15 l'invention permet l'optimisation conjointe de la caractérisation des régions source et des coefficients associés aux fonctions cosinusoïdales. Ainsi, les régions source apportent les informations basse fréquence, ainsi que les ruptures de pente tel que les contours, que les fonctions cosinusoïdales enrichissent, si la région destination considérée comporte des informations haute fréquence.

20 Si l'on considère une région destination  $D$  et une région source  $S$ , on peut déterminer, de façon classique, un collage spatial  $w_S$ . On appelle l'image  $\tilde{S}$  l'image de  $S$  par  $w_S$ .

Le contenu de la région source transformée  $S'$  approximant  $D$  peut s'exprimer, selon l'approche de l'invention, de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
S'_i &= w(S_i) \\
S'_i &= w_M(w_S(S_i)) \\
\bar{S}_i &= w_M(\bar{S}_i) \\
S'_i &= \sum_{l \in [0:N_c[} \sum_{k \in [0:N_c[} c_{kl} \times \bar{S}_i \times \cos(\theta_l i_x) \times \cos(\theta_k i_y) + b
\end{aligned}$$

où :  $i$  est l'indice du  $i$ -<sup>ème</sup> pixel de  $S'$ , de coordonnées  $(i_x, i_y)$  ;

$\bar{S}_i$  est l'image de  $S_i$  par  $w_s$  ;

$\theta_j$  est un vecteur réel de  $R^{N_c}$  tel que  $\theta_j = 2\pi/2^j$  ;

5  $c_{kl}$  et  $b$  sont des coefficients caractérisant la fonction de collage.

La caractérisation de  $w_M$  est réalisée par la détermination des valeurs d'amplitude des cosinus, représentés par une matrice, et du décalage  $b$ , représenté par un scalaire.

Ces valeurs doivent minimiser l'erreur de collage  $E$  entre  $S'$  et  $D$ .

10 L'expression à minimiser est donc la suivante :

$$\min E = \min \sum_{i \in [0:\text{card}(D)[} (S'_i - D_i)^2$$

Le minimum de cette erreur  $E$ , strictement positive, peut être obtenue pour les coefficients  $c_{kl}$  et  $b$  qui annulent la dérivée de  $E$ . Le problème se traduit donc par la résolution du système suivant de  $(N_c^2 + 1)$  lignes et  $(N_c^2 + 1)$  inconnues :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial E}{\partial c_{00}} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial E}{\partial c_{ij}} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial E}{\partial c_{N_c-1;N_c-1}} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial b} = 0 \end{array} \right.$$

Après développement des expressions, ce système peut se réécrire sous la forme d'un système linéaire matriciel :

$$5 \quad A \begin{pmatrix} A_{00}^{00} \dots A_{0N_c-1}^{00} A_{10}^{00} \dots A_{N_c0}^{00} \\ \vdots \\ A_{00}^{0N_c} \\ A_{00}^{1N_c} \\ \vdots \\ A_{00}^{N_cN_c} \dots A_{0N_c-1}^{N_cN_c} A_{10}^{N_cN_c} \dots A_{N_c0}^{N_cN_c} \end{pmatrix} * X \begin{pmatrix} c_{00} \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{N_c-1N_c-1} \\ b \end{pmatrix} = B \begin{pmatrix} B_{00} \\ \vdots \\ \vdots \\ B_{N_c-1N_c-1} \\ B_{N_c-1N_c} \end{pmatrix}$$

Où  $A \in \mathcal{M}^{N_c^2+1}(\mathfrak{R})$  est une matrice connue, définie comme suit :

$$10 \quad \begin{cases} A_{ij}^{kl} = \sum_{m \in [0..card(D)]} \bar{S}_m * \Psi_m^{ij} * \Psi_m^{kl}, \quad \forall i \in [0..N_c[, j \in [0..N_c[, k \in [0..N_c[, l \in [0..N_c[ \\ A_{ij}^{N_cN_c} = \sum_{m \in [0..card(D)]} \bar{S}_m * \Psi_m^{ij}, \quad \forall i \in [0..N_c[, j \in [0..N_c[ \\ A_{N_c0}^{kl} = \sum_{m \in [0..card(D)]} \bar{S}_m * \Psi_m^{kl}, \quad \forall k \in [0..N_c[, l \in [0..N_c[ \\ A_{N_c0}^{N_cN_c} = card(D) \end{cases}$$

15 En posant  $\Psi_m^{ij} = \cos(\theta_i * m_x) * \cos(\theta_j * m_y)$   
avec  $(m_x; m_y)$  les coordonnées locales du m-ième pixel de D.

Où  $B \in \mathfrak{R}^{N_c^2+1}$  est un vecteur connu, défini comme suit :

$$\begin{cases} B_{ij} = \sum_{m \in [0..card(D)]} \bar{S}_m * D_m * \Psi_m^{ij} \quad \text{pour } i \in [0..N_c[ \quad j \in [0..N_c[ \\ B_{N_c-1N_c} = \sum_{m \in [0..card(D)]} D_m \end{cases}$$

On peut résoudre ce système par différentes méthodes (méthode directe, méthode itérative, méthode de gradient,...). Notamment, on peut utiliser la méthode du pivot de GAUSS.

De bons résultats de codage sont obtenus avec un nombre très réduit de coefficients. Deux ou trois fonctions oscillantes de base fournissent déjà de bons résultats. Bien sûr, plus ce nombre est important, meilleure est la qualité.

Lors du décodage, il est possible de tenir compte d'un nombre inférieur de fonctions oscillantes. Cela permet de tenir compte de la capacité de traitement du récepteur, ou des besoins de l'utilisateur, mais également d'effectuer un décodage progressif (l'image étant tout d'abord reconstruite avec une qualité moyenne, puis progressivement affinée). Cela permet également d'obtenir une scalabilité (échelonnabilité) lors du décodage.

La technique de l'invention peut être utilisée dans de très nombreux domaines et notamment la compression d'images, en particulier lorsque celle-ci présente quelques parties texturées. L'invention permet également la réalisation de zooms, par modification de la partition au décodage.

L'invention s'applique également au traitement d'images dans des espaces de dimension supérieure à 2 (par exemple en vidéo (2D+t), images virtuelles (3D)). Elle peut également être mise en œuvre pour des images monodimensionnelles.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de codage d'images mettant en œuvre des systèmes de fonctions itérées (IFS), ledit procédé comprenant les étapes suivantes :
    - 5      • partitionnement d'une image I à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destination ;
    - association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w telles que w(S) soit une bonne approximation de ladite région destination D,
    - 10    ladite fonction de collage se décomposant en :
      - une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source décimée  $\bar{S}$  ; et
      - une fonction de collage massique  $w_M$ , agissant sur le contenu de ladite
      - 15    région source décimée  $\bar{S}$ ,
- caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction oscillante.
2. Procédé de codage d'images selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction harmonique.
  - 20    3. Procédé de codage d'images selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction cosinusoidale.
  4. Procédé de codage d'images selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'une région source transformée  $S' = w(S)$  est définie par :
 
$$S'_i = w(S_i) = \sum_{l \in [0; N_c[} \sum_{k \in [0; N_c[} c_{kl} \times \bar{S}_i \times \cos(\theta_l i_x) \times \cos(\theta_k i_y) + b$$
  - 25    où : i est l'indice du i<sup>ème</sup> pixel de S', de coordonnées  $(i_x, i_y)$  ;



$\bar{S}_i$  est l'image de  $S_i$  par  $w_s$  ;

$\theta_j$  est un vecteur réel de  $R^{N_c}$  tel que  $\theta_j = 2\pi/2^j$  ;

$c_{kl}$  et  $b$  sont des coefficients caractérisant la fonction de collage

5. Procédé de codage d'images selon la revendication 4, caractérisé en ce que  
5 lesdits coefficients  $c_{kl}$  et  $b$  sont déterminés en recherchant les coefficients minimisant une erreur entre source et destination, ladite erreur s'écrivant :

$$E = \sum_{i \in \{0; \text{card}(D)[$$

avec :  $\text{Card}(D)$  : nombre de pixels de  $D$ .

6. Procédé de codage d'images selon la revendication 5, caractérisé en ce  
10 qu'il met en œuvre un système linéaire matriciel, dont les solutions sont déterminées à l'aide d'une des méthodes appartenant au groupe comprenant :

- méthode directe ;
- méthode itérative ;
- méthode de gradient.

- 15 7. Procédé de codage d'images selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il met en œuvre une méthode directe par pivot de Gauss ou par Cholesky.

8. Procédé de codage d'images selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est écrite sous la forme d'une combinaison de fonctions oscillantes, dont le nombre et/ou la  
20 fréquence et/ou l'amplitude est paramétrable.

9. Dispositif de codage d'images mettant en œuvre des systèmes de fonctions itérées (IFS), comprenant :

- des moyens de partitionnement d'une image  $I$  à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destinations  $D$  ;

- des moyens d'association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w telles que w(S) soit une bonne approximation de ladite région destination D ;

ladite fonction de collage se décomposant en :

- 5     • une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source décimée  $\bar{S}$  ; et
  - une fonction de collage massique  $w_M$ , agissant sur le contenu de ladite région source décimée  $\bar{S}$ ,
- 10   caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction oscillante.
10.   Procédé de collage, mis en œuvre dans un procédé de codage et/ou de décodage de données numériques représentatives d'images, mettant en œuvre des systèmes de fonctions itérées (IFS), ledit procédé de codage et/ou de décodage
- 15   comprenant les étapes suivantes :
- partitionnement d'une image I à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destination ;
  - association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w telles que w(S) soit une
- 20   bonne approximation de ladite région destination D,
- ledit procédé de collage mettant en œuvre une fonction de collage se décomposant en :
- une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source
- 25   décimée  $\bar{S}$  ; et

- une fonction de collage massique  $w_M$ , agissant sur le contenu de ladite région source décimée  $\bar{S}$ ,

caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction oscillante.

- 5 11. Procédé de décodage d'images codées à l'aide d'un procédé de codage mettant en œuvre des systèmes de fonctions itérées (IFS), ledit procédé de codage comprenant les étapes suivantes :

- partitionnement d'une image I à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destination ;
- 10 • association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w telles que w(S) soit une bonne approximation de ladite région destination D,

ladite fonction de collage se décomposant en :

- une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la  
15 géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source décimée  $\bar{S}$  ; et
- une fonction de collage massique  $w_M$ , agissant sur le contenu de ladite région source décimée  $\bar{S}$ ,

caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_M$  est une fonction

- 20 oscillante,

et en ce qu'on reconstruit lesdites images en effectuant au moins une itération de ladite fonction de collage appliquée à ladite région source S correspondante.

12. Procédé de décodage selon la revendication 11, caractérisé en ce que la fonction de collage massique appliquée à ladite région source prend en compte un

nombre de fonctions oscillantes inférieur ou égal à celui pris en compte lors du codage.

13. Support de données contenant des images codées selon un procédé de codage d'images mettant en œuvre des systèmes de fonctions itérées (IFS), ledit

5 procédé comprenant les étapes suivantes :

- partitionnement d'une image I à coder en un ensemble de régions d'image, dites régions destination ;
- association à chacune desdites régions destination D d'une région source correspondante S et d'une fonction de collage w telles que w(S) soit une

10 bonne approximation de ladite région destination D,

ladite fonction de collage se décomposant en :

- une fonction de collage spatial  $w_s$ , agissant sur la position et/ou la géométrie de ladite région source S, afin de créer une région source décimée  $\bar{S}$  ; et
- 15 • une fonction de collage massique  $w_m$ , agissant sur le contenu de ladite région source décimée  $\bar{S}$ ,

seules la position et/ou la géométrie desdites régions source S et desdites fonctions de collage étant stockées sur ledit support de données,

caractérisé en ce que ladite fonction de collage massique  $w_m$  est une fonction

20 oscillante.

14. Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 à au moins un des domaines appartenant au groupe comprenant les domaines suivants :

- compression d'images fixes ;
- 25 • compression d'images en mode « intra » dans un codeur vidéo ;

- compression d'images, ou de partie d'images, texturées ;
- réalisation d'agrandissement (zoom) de zones d'images ;
- compression dans des espaces de dimension supérieure à 2.

**This Page Blank (uspio)**

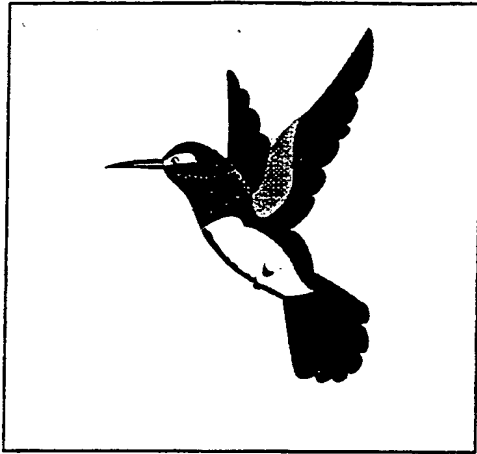


Fig 1

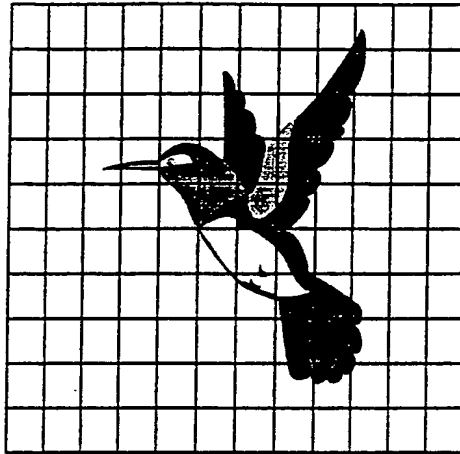


Fig 2

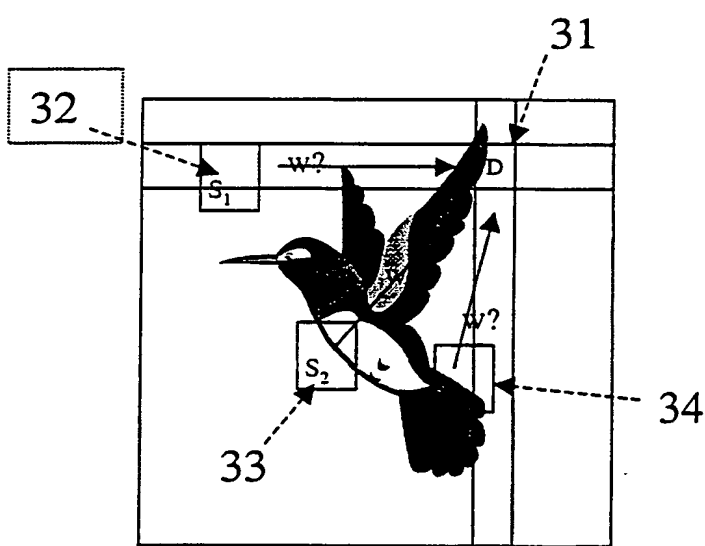


Fig 3

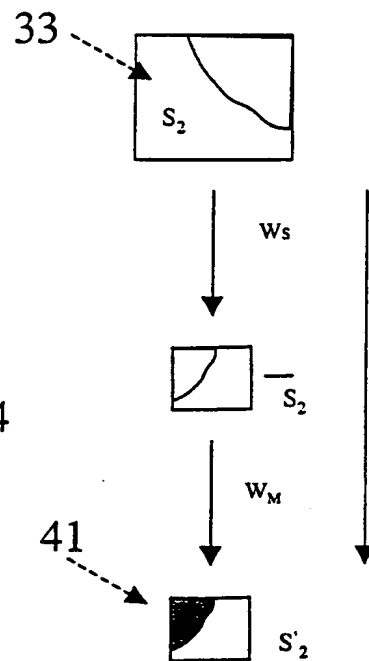


Fig 4

**This Page Blank (uspto)**



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter Application No

PCT/FR 00/00081

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 G06T9/00 H04N1/41

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06T H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 768 437 A (MONRO DONALD MARTIN ET AL) 16 June 1998 (1998-06-16) the whole document	1-14
A	MONRO D M ET AL: "Deterministic rendering of self-affine fractals" IEE COLLOQUIUM ON 'APPLICATION OF FRACTAL TECHNIQUES IN IMAGE PROCESSING' (DIGEST NO.171), LONDON, UK, 3 DEC. 1990, pages 5/1-4, XP002126177 1990, London, UK, IEE, UK the whole document	1-14
A	US 4 941 193 A (BARNSELY MICHAEL F ET AL) 10 July 1990 (1990-07-10) the whole document	1-14
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 March 2000

Date of mailing of the international search report

20/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gries, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

onal Application No

PCT/FR 00/00081

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>HAYES M H: "Iterated function systems for image and video coding" INTERNATIONAL WORKSHOP ON IMAGE PROCESSING: THEORY, METHODOLOGY, SYSTEMS AND APPLICATIONS, BUDAPEST, HUNGARY, 20-22 JUNE 1994, vol. 45, pages 11-19, XP002046218 Journal on Communications, May-June 1994, Hungary ISSN: 0866-5583 the whole document</p>	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Application No

PCT/FR 00/00081

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5768437	A	16-06-1998	AT 182241 T DE 69325648 D EP 0628232 A WO 9317519 A GB 2269719 A JP 7504541 T	15-07-1999 19-08-1999 14-12-1994 02-09-1993 16-02-1994 18-05-1995
US 4941193	A	10-07-1990	NONE	

**This Page Blank (uspto)**

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Don internationale No

PCT/FR 00/00081

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G06T9/00 H04N1/41

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G06T H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 768 437 A (MONRO DONALD MARTIN ET AL) 16 juin 1998 (1998-06-16) le document en entier	1-14
A	MONRO D M ET AL: "Deterministic rendering of self-affine fractals" IEE COLLOQUIUM ON 'APPLICATION OF FRACTAL TECHNIQUES IN IMAGE PROCESSING' (DIGEST NO.171), LONDON, UK, 3 DEC. 1990, pages 5/1-4, XP002126177 1990, London, UK, IEE, UK le document en entier	1-14
A	US 4 941 193 A (BARNESLEY MICHAEL F ET AL) 10 juillet 1990 (1990-07-10) le document en entier	1-14
-/-		

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 mars 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/03/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 6818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Fonctionnaire autorisé

Gries, T

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>HAYES M H: "Iterated function systems for image and video coding" INTERNATIONAL WORKSHOP ON IMAGE PROCESSING: THEORY, METHODOLOGY, SYSTEMS AND APPLICATIONS, BUDAPEST, HUNGARY, 20-22 JUNE 1994, vol. 45, pages 11-19, XP002046218 Journal on Communications, May-June 1994, Hungary ISSN: 0866-5583 le document en entier</p>	1-14

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem. Internationale No

PCT/FR 00/00081

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5768437 A	16-06-1998	AT 182241 T	15-07-1999
		DE 69325648 D	19-08-1999
		EP 0628232 A	14-12-1994
		WO 9317519 A	02-09-1993
		GB 2269719 A	16-02-1994
		JP 7504541 T	18-05-1995
US 4941193 A	10-07-1990	AUCUN	

**This Page Blank (uspto)**